

## СХЕМА ФОРСОВАНОГО КЕРУВАННЯ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИМИ МУФТАМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ЕЛЕМЕНТІВ СЕРІЇ «ЛОГІКА-Т»

Забезпечення точної зупинки виконавчих органів (ВО) верстатів і машин з програмним керуванням (ПК) є важливим завданням автоматизації. Наприклад, на паперорізальних машинах, обладнаних системами ПК, точність позиціонування подавача повинна досягати 0,05...0,1 мм.

Найчастіше для припинення руху ВО та його гальмування застосовують систему з двох електромагнітних муфт: ведучої та гальмівної [4]. При цьому ведуча муфта повинна якнайшвидше вимикатись, а гальмівна відповідно вмикатись. Прискорення спрацьовування муфти найліпше здійснюється шляхом подачі на обмотку муфти прямокутного форсуючого імпульсу напруги  $E_{\phi}$  з наступним перемиканням на номінальну напругу  $E_n$  [1].

Для забезпечення вказаного способу вмикання електромагнітної муфти пропонують різні схемні вирішення [1, 2, 4, 6]. Однак загальний недолік їх побудови — відносна складність виготовлення.

На рис. 1 показана досліджена на паперорізальній машині з ПК схема керування електромагнітними муфтами невеликої потужності з використанням безконтактних транзисторних елементів серії «Логіка—Т». Подача форсованої напруги на гальмівну муфту при обмежених параметрах транзисторних підсилювачів потуж-

ності (елементів Т-405) стала можливою при застосуванні електромагнітних муфт з пониженою номінальною напругою обмотки типу ЭТМО73АВ. Гальмівна муфта У2 живиться від паралельно увімкнених за допомогою вихідних транзисторів елементів Е4 та Е5, джерел живлень основної Е<sub>н1</sub> і форсованої Е<sub>ф</sub> напруг. У вихідному стані транзистори елементів Е4 та Е5 закриті. Струм в обмотці гальмівної муфти дорівнює нулеві. Напруга колектор-емітер вихідних транзисторів елемента Е4 дорівнює Е<sub>ф</sub>, а елемента Е5 — Е<sub>н1</sub>.

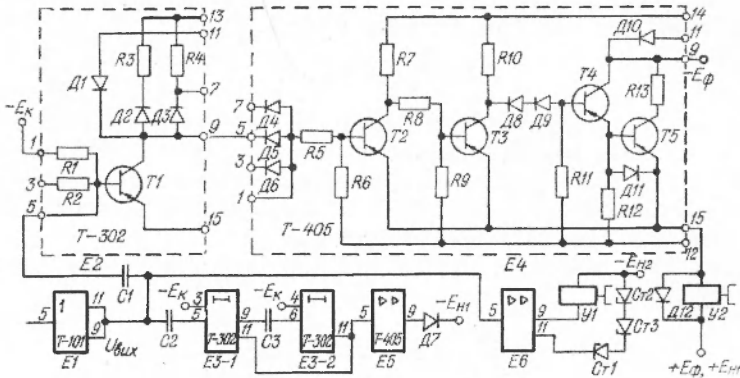


Рис. 1. Схема форсованого керування електромагнітними муфтами.

Сигнал зупинки, який подається на вхід 5 елемента Е1, запускає два елементи витримок часу Е2 та Е3. Гальмівна муфта вмикається на час

$$t_2 = t_1 + t_{\text{відп}} \geq t_{\text{гальм}}, \quad (1)$$

де  $t_1$  — довжина вихідного імпульсу елемента Е3;  $t_{\text{відп}}$  — час відпускання гальмівної муфти, який при шунтуванні муфти діодом Д12 відносно великий;  $t_{\text{гальм}}$  — час гальмування привода подавача.

Довжина вихідного імпульсу елемента Е2 відповідає довжині форсуючого імпульсу  $t_{\text{ф}} < t_1$ .

Імпульси з елементів витримок часу поступають на відповідні входи підсилювачів потужності Е4, Е5, які вмикають гальмівну муфту У2. Одночасно з виходу елемента Е1 поступає сигнал 0 на підсилювач потужності Е6, і ведуча муфта У1 вимикається.

У стані форсованого ввімкнення вихідні транзистори елементів Е4, Е5 насичені, до муфти прикладені напруга Е<sub>ф</sub> та діод Д7, запертий напругою (Е<sub>ф</sub>—Е<sub>н1</sub>). Струм в обмотці муфти  $i_M = i_{K4} + i_{K5} \approx i_{K5}$  і змінюється згідно з відношенням

$$i_M(t) = \frac{E_{\text{ф}}}{R_M + R_{13}} \left(1 - e^{-\frac{t}{L_M} (R_M + R_{13})}\right), \quad (2)$$

де  $R_M$ ,  $L_M$  — відповідно активний опір та індуктивність обмотки муфти (для даних муфт  $R_M = 1,460$  Ом,  $L_M = 0,022$  Гн);  $R_{13} = 0,2$  Ом — додатковий опір у колі транзистора Т5.

Через час  $t_{\phi}$  вихідні транзистори  $T4, T5$  елемента  $E4$  запираються. Струм навантаження протікає через вихідні транзистори елемента  $E5$  і діод  $D7$  під дією напруги  $E_{нт}$ . Напряга на запертих транзисторах елемента  $E4$  дорівнює  $E_{\phi} - E_{нт}$ . Після закінчення дії імпульсу  $t_1$  напряга на вихідних транзисторах елемента  $E4$  зростає до значення  $E_{\phi} - E_{д12}$ ; а елемента  $E5$  до  $E_{нт1} - E_{д12}$ . Максимальна форсована напряга, яка може бути прикладена до елементів  $T-405$   $E_{\phi, \text{макс}} = U_{ке, \text{макс}} - E_{д12} \sim U_{ке, \text{макс}}$  (для транзисторів:  $T4-П214Г$   $U_{ке, \text{макс}} = 55$  В;  $T5-П216В$   $U_{ке, \text{макс}} = 35$  В).

Час вмикання електромагнітної муфти

$$t_{\text{вм}} = t_{\text{руш}} + t_{\text{рух}}, \quad (3)$$

де  $t_{\text{руш}}$  — час рушання якоря муфти;  $t_{\text{рух}}$  — час руху якоря.

Можна вважати [5], що час рушання дорівнює часові наростання струму обмотки до рівня, який відповідає струмові рушання якоря  $I_{\text{руш}} < I_n$ . Враховуючи, що час  $t_{\text{руш}}$  становить значну частку  $t_{\text{вм}}$ , скорочення  $t_{\text{руш}}$  суттєво зменшує  $t_{\text{вм}}$ .

Приймаючи  $t_m = I_{\text{руш}}$ , з формули (2) визначаємо час рушання якоря муфти

$$t_{\text{руш}} = \frac{L_{\kappa}}{R_m + R13} \ln \frac{E_{\phi}}{E_{\phi} - I_{\text{руш}} (R_m + R13)}. \quad (4)$$

Сигнал на виході елемента  $T-302$  появляється [3] на час, який визначається за формулою

$$\begin{aligned} t_e &= R \cdot C1 \cdot \ln \frac{|U_{\text{вих}}| + |E_{\kappa}|}{|E_{\kappa}|} = \\ &= R \cdot C1 \cdot \ln \frac{\left| \frac{E_{\kappa} \cdot R_{\text{пр}}}{R_{\kappa} + R_{\text{пр}}} \right| + |E_{\kappa}|}{|E_{\kappa}|}, \end{aligned} \quad (5)$$

де  $R$  — опір в колі розряду конденсатора  $C1$ ;  $U_{\text{вих}}$  — напряга на виході елемента  $E1$ ;  $E_{\kappa} = 12$  В — колекторна напряга елементів  $T-101, T-302$ ;  $R_{\kappa}$  — колекторний опір елемента  $E1$ ;  $R_{\text{пр}}$  — паралельне навантаження елемента  $E1$ .

З умови рівності (4) та (5) визначаємо ємність  $C1$ , що необхідна для створення  $t_{\text{руш}}$

$$C1 = \frac{L_m}{R_m + R13} \ln \frac{E_{\phi}}{E_{\phi} - I_{\text{руш}} (R_m + R13)} \cdot \frac{1}{R \ln \frac{\left| \frac{E_{\kappa} \cdot R_{\text{пр}}}{R_{\kappa} + R_{\text{пр}}} \right| + |E_{\kappa}|}{|E_{\kappa}|}}. \quad (6)$$

На рис. 2 показана номограма для визначення часу рушання якоря  $t_{\text{руш}}$  електромагнітної муфти та визначення величини ємності  $C1$  для створення даного часу.

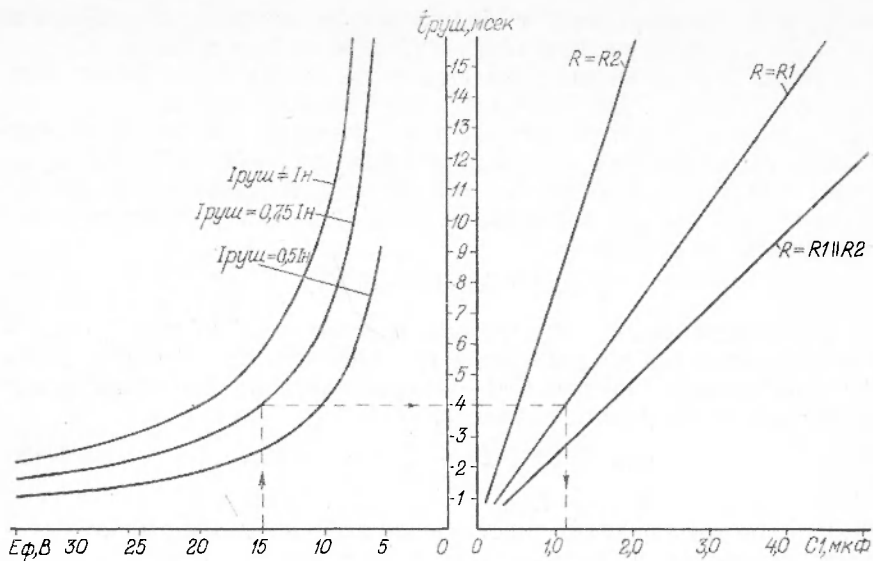


Рис. 2. Номограма для визначення часу рушення якоря муфти  $t_{руш}$  та ємності  $C1$  при  $U_{вх} = 8$  В.

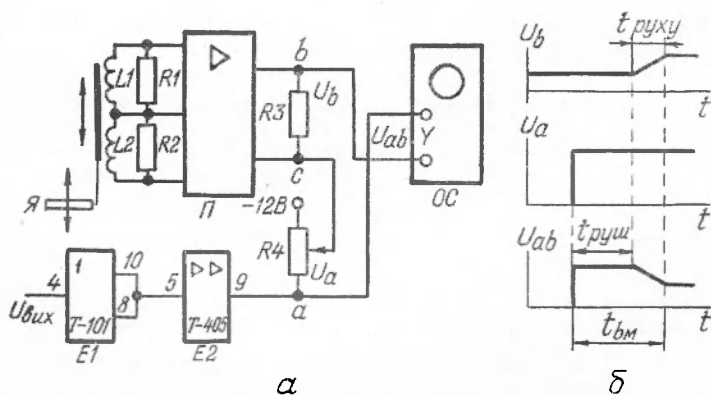


Рис. 3. Схема установки для вимірювань  $t_{руш}$ ,  $t_{рух}$ ,  $t_{вм}$  електромагнітної муфти (а) та осцилограмів напруг (б).

Час форсування муфти  $t_{ф}$  достатньо вибрати в межах  $t_{руш} \leq t_{ф} \leq t_n$ , оскільки збільшення струму в обмотці муфти понад  $I_n$  в процесі вмикання [4] не призводить до суттєвого скорочення  $t_{вм}$ .

Для експериментального визначення часу вмикання муфти  $t_{вм}$  та її складових  $t_{руш}$ ,  $t_{рух}$  розроблена вимірювальна установка, яка показана на рис. 3.

Час  $t_{руш}$ ,  $t_{рух}$  та  $t_{вм}$  вимірюється осцилографом  $OC$  шляхом порівняння моменту появи імпульсу напруги  $U_a$ , який виникає при поданні команди на включення муфти та характерних точок

миттьових значень напруг індуктивного датчика переміщення  $L1—L2$  в момент рушання якоря муфти  $Я$  та його зупинки. Сигнал з датчика переміщення підсилюється за допомогою підсилювача  $П$  типу 8АНЧ-7М. Для зручності вимірювання довжини параметрів  $t_{вм}$ ,  $t_{руш}$  та  $t_{рух}$  в осцилографії використана чекаюча розгортка з запуском самим досліджуваним сигналом  $U_a (U_a \gg U_b)$ . Результуюча амплітуда напруги, яка знімається з точок  $a$  та  $b$  в кожний момент часу дорівнює різниці потенціалів між даними точками відносно точки  $c$ , тобто

$$u_{ab}(t) = u_a(t) - u_b(t). \quad (7)$$

Для форсування спаду струму у ведучій муфті  $У1$  при її виключенні послідовно з діодом (вивід  $11$ ) елемента  $Еб$  ввімкнені стабілітронні приймачі енергії Ст1—Ст3. Напруга на колекторі вихідних транзисторів даного елемента.

$$U_{ке} = E_{н2} + E_d + E_c \approx E_{н2} + E_c, \quad (8)$$

звідки  $E_{с.макс} = U_{ке.макс} - E_{н2}$ .

Застосування ведучих муфт з малою  $U_n$  дозволяє вмикати стабілітронні приймачі енергії з великою напругою стабілізації  $E_c$ , що забезпечує значне форсування спаду струму в обмотці.

Експериментальні дослідження схеми керування електромагнітними муфтами на паперорізальній машині з ПК показали високу надійність та стабільність роботи та можливість забезпечення точності позиціонування подавача в межах 0,1 мм.

Список літератури: 1. *Ильичев Д. Д., Татур О. Н., Флидлер Г. М.* Системы с электромагнитными муфтами. — М.: Энергия, 1965. 2. *Леоненко Л. И.* Полупроводниковые форсирующие схемы. — М.: Энергия, 1974. 3. Сводный каталог. Транзисторные логические и функциональные элементы «Логика-Т» и их применение в бесконтактных системах промышленной автоматки. — М.: Информэлектро, 1969. 4. *Староверов Г. М.* Тирсторная схема форсированного управления электромагнитными муфтами. — В кн.: Позиционные системы программного управления станками. М.: Машиностроение, 1967. 5. *Тер-Акопов А. К.* Динамика быстродействующих магнитов. — М., Энергия, 1965. 6. Электромагнитные и магнитные устройства в станкостроении. Авт.: Михайлов О. П., Рогачев Э. Б. Ивенский Ю. Н. и др. М.: Машиностроение, 1974.

A diagram of forced control with electromagnetic coupling of small capacity with using discontacted transistor elements of series «Логика-Т» is described here.

Rated data on diagram main parameters choice are also given. Measuring installation for determination of electromagnetic coupling switching time is described too.

The diagram is used for precise stopping of delivering device on one-blade paper-cutting machines with programme control.

Стаття надійшла в редколегію 10 лютого 1979 року